

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-165666

(P2004-165666A)

(43) 公開日 平成16年6月10日(2004.6.10)

(51) Int.CI.⁷H01L 21/027
G03F 7/20

F 1

H01L 21/30 525R
G03F 7/20 521
H01L 21/30 516F
H01L 21/30 514C

テーマコード(参考)

5FO46

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-381339 (P2003-381339)
 (22) 出願日 平成15年11月11日 (2003.11.11)
 (31) 優先権主張番号 02257822.3
 (32) 優先日 平成14年11月12日 (2002.11.12)
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁(EP)
 (31) 優先権主張番号 03253692.2
 (32) 優先日 平成15年6月11日 (2003.6.11)
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁(EP)

(71) 出願人 502010332
 エイスエムエル ネザランドズ ベスロ
 テン フエンノートシャップ
 オランダ国 5503 エルエイ フエル
 トホーフェン, デルン 1110
 (74) 代理人 100066692
 弁理士 浅村 鑑
 (74) 代理人 100072040
 弁理士 浅村 鑑
 (74) 代理人 100080263
 弁理士 岩本 行夫
 (74) 代理人 100087217
 弁理士 吉田 裕

最終頁に続く

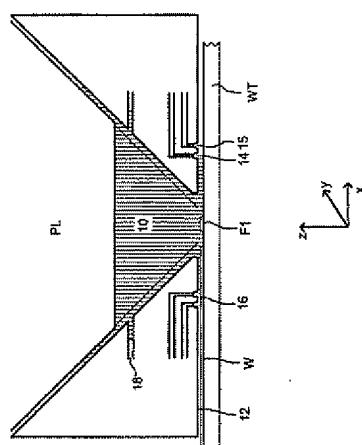
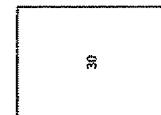
(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 イマージョン・リソグラフィ装置内で基板を正確にアライメントし、かつ／又は正確に平準化する方法及び装置を提供すること。

【解決手段】 基板表面のマップを測定ステーションで生成する。次いで基板を、投影レンズと基板の間の空間が液体で充填される場所に移動する。次いで、基板を、たとえば透過イメージ・センサを用いてアライメントし、事前のマッピングを用いて基板を正確に露光できる。すなわち、マッピングは液体環境では行われない。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影放射線ビームを供給する放射系と、
所望のパターンに従って該投影ビームをパターニングするように働くパターニング手段
を支持する支持構造と、
基板を保持する基板テーブルと、
基板の目標部分上にパターニングされたビームを投影する投影系と、
前記投影系の最終段要素と前記基板との間の空間を液体で充填する液体供給系と、
前記基板上の点の位置を測定する測定系と
を備えたリソグラフィ投影装置であって、

前記測定系が前記液体供給系の前記液体を介さずに前記基板上の点の位置を測定するよ
うに構成されたことを特徴とする
リソグラフィ投影装置。

【請求項 2】

前記測定系が、前記基板上の複数のアライメント・マークの位置を測定するアライメン
ト系を備えている、請求項 1 に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項 3】

前記基板テーブルは基準部を有し、前記測定系は、前記供給系の前記液体を介さずに前
記基準部の位置を測定する、請求項 1 又は 2 に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項 4】

前記測定系は、前記基板上の複数の前記アライメント・マークの位置を前記基板テーブ
ル上の前記基準に対して測定する、請求項 3 に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項 5】

前記測定系は前記基板上の点の高さ及び／又は傾きを測定する平準度センサを備えた、
請求項 1 から 4 までのいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項 6】

前記基板を露光できる露光ステーション及び別の測定ステーションを有しており、前記
測定系は前記測定ステーションに設けられ、前記基板テーブルは前記露光ステーションと
前記測定ステーションの間で可動である、請求項 1 から 5 までのいずれか一項に記載のリ
ソグラフィ投影装置。

【請求項 7】

複数の基板テーブルを有し、各基板テーブルが露光ステーションと測定ステーションの
間で可動である、請求項 6 に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項 8】

前記基準部が透過イメージ・センサである、請求項 1 から 7 までのいずれか一項に記載
のリソグラフィ投影装置。

【請求項 9】

デバイス製造方法であって、
少なくとも部分的に感放射線材料の層で覆われた基板を、基準マークを有する基板テ
ーブル上で準備するステップと、
測定系から投影された測定ビームを用いて前記基板上の点の位置を測定するステップと

、
放射系を用いて投影放射線ビームを供給するステップと、
液体を供給して基板と前記投影ステップで用いた投影系の最終段要素との間の空間を充
填するステップと、

パターニング手段を使用して、投影ビームにその断面においてパターンを与えるステッ
プと、

感放射線材料の層の目標部分上にパターニングされた放射線ビームを投影するステップ
と
を含み、

10

20

30

40

50

前記測定ビームは前記液体を経由して投影されないことを特徴とする、デバイス製造方法。

【請求項 10】

位置を測定するステップは、前記基板上のアライメント・マークの位置を測定することを含む、請求項 9 に記載のデバイス製造方法。

【請求項 11】

位置を測定するステップは、前記基板上の点の高さ及び／又は傾きを測定することを含む、請求項 9 又は 10 に記載のデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、
投影放射線ビームを供給する放射系と、
所望のパターンに従って該投影ビームをパターニングするように働くパターニング手段を支持する支持構造と、
基板を保持する基板テーブルと、
基板の目標部分上にパターニングされたビームを投影する投影系と、
前記投影系の最終段要素と前記基板との間の空間を液体で充填する液体供給系と、
前記基板上の点の位置を測定する測定系と
を備えたリソグラフィ投影装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

本明細書で使用される用語「パターニング手段」は、基板の目標部分に生成されるべきパターンに対応してパターニングされた断面を有する入射放射線ビームを与えるために使用できる手段を称するものとして広範に解釈されるべきである。用語「光バルブ」も、やはりこの文脈で使用できるものである。一般に、上記パターンは、集積回路又は他のデバイスなどの、目標部分に生成されたデバイスにおける特定の機能層に対応するものである（下記参照）。そのようなパターニング手段は、以下のものを含む。

マスク。マスクの概念はリソグラフィで公知であり、これは、バイナリ交換位相シフト及び減衰位相シフトマスク・タイプ並びに各種ハイブリッド・マスク・タイプなどのマスク・タイプを含む。放射線ビーム中にそのようなマスクを配置することによって、マスク上のパターンに従って、マスクに投射する放射線を（透過性マスクの場合）選択的に透過させ、又は（反射性マスクの場合に）反射させる。マスクの場合、支持体構造は、一般にマスク・テーブルであり、これによって確実にマスクを入射放射線ビーム中の所望の位置に保持することが可能になり、必要ならばビームに対して移動できるようになる。

30

プログラム可能ミラー・アレイ。このようなデバイスの一例は、粘弾性制御層及び反射面を有するマトリックス・アドレス指定可能面である。そのような装置を支える基本原理は、（たとえば）反射面のアドレス指定領域で入射光が回折光として反射し、一方アドレス指定されていない領域で入射光が非回折光として反射することである。適切なフィルタを使用して、上記の非回折光を反射ビームからフィルタ除去して、後方に回折光のみを残すことが可能であり、この方式で、マトリックス・アドレス指定可能面のアドレス指定パターンに従ってビームがパターニングされる。プログラム可能ミラー・アレイの一代替例では、複数の微小ミラーからなるマトリックス配列を使用する。各微小ミラーは、適切な局所電界を印加するか、圧電作動手段を使用することにより、軸に対してそれぞれ傾けることが可能である。やはり、このミラーもマトリックス・アドレス指定可能であり、その結果、アドレス指定されたミラーが入射放射ビームをアドレス指定されていないミラーと異なる方向に反射するようになっている。このようにして、反射したビームはマトリックス・アドレス指定可能ミラーのアドレス指定パターンに従ってパターニングされる。必要なマトリックス・アドレス指定は、適切な電子手段を使用して実行することができる。上記の事例の双方において、パターニング手段は 1 つ又は複数のプログラム可能ミラー・ア

40

50

レイを備えることが可能である。このようなミラー・アレイに関するさらなる情報は、たとえば米国特許 U S 5 2 9 6 8 9 1 及び U S 5 5 2 3 1 9 3、並びに P C T 特許出願 W O 9 8 / 3 8 5 9 7 及び W O 9 8 / 3 3 0 9 6 から得ることができ、これらは、参照として本明細書に組み込まれる。プログラム可能ミラー・アレイの場合、上記の支持体構造は、必要に応じて固定又は可動にできる、たとえばフレーム又はテーブルとして具現化できる。

プログラム可能 L C D アレイ。そのような構造の例は、米国特許 U S 5 2 2 9 8 7 2 に示されており、該特許は参照として本明細書に組み込まれる。上述のように、この場合の支持体構造は、必要に応じて固定又は可動にできる、たとえばフレーム又はテーブルとして具現化できる。

話を簡単にするために、本文書の残りでは、ある種の設定の下、マスク及びマスク・テーブルを含む例が特に対象となるが、そのような例で考察する一般的原理は、本明細書で先に示したパターニング方法のより広範な文脈で理解されるべきである。

【0 0 0 3】

リソグラフィ投影装置は、たとえば、集積回路 (I C) の製造で使用できる。そのような場合、パターニング手段は、I C の個々の層に対応する回路パターンを生成することができる。このパターンは、感放射線材料 (レジスト) 層で被覆された基板 (シリコン・ウェーハ、L C D、マスク等) 上の (たとえば 1 つ又は複数のダイを備える) 目標部分上に結像できる。一般に、1 枚のウェーハが、1 度に 1 つずつ投影系を介して連続的に照射される複数の隣接目標部分からなるネットワーク全体を含むことになる。現行の装置では、マスク・テーブル上のマスクによるパターニングを利用するが、異なる 2 つの機械形式の間で区別がなされる。一方の形式のリソグラフィ装置では、各目標部分は 1 回の行程 (one go) で目標部分上にマスク・パターン全体を露光するによって照射が行われ、このような装置は通常ウェーハ・ステッパと称される。通常ステップ・アンド・スキャン装置と称される代替的装置では、各目標部分に対する照射は、所与の基準方向 (スキャン方向) の投影ビーム下でマスクを漸進的にスキャンし、同時に該方向に対し平行又は反平行に基板テーブルをスキャンすることによって行われる。一般に、この投影系は倍率 M (概ね < 1) を有するので、基板テーブルをスキャンする速度 V は、マスク・テーブルをスキャンする速度に倍率 M を乗じたものになる。この個所で説明したリソグラフィ装置に関するさらなる情報は、たとえば U S 6 0 4 6 7 9 2 から得られ、これは参照として本明細書に組み込まれる。

【0 0 0 4】

リソグラフィ投影装置を用いた製造プロセスでは、(たとえばマスク内の) パターンが、感放射線材料 (レジスト) の層により少なくとも部分的に覆われた基板上に結像される。結像ステップの前に、基板は、プライミング、レジスト、及びソフト・パークなどの種々の手順を経る。露光後、基板は、ポスト露光パーク (post-exposure bake: P E B)、現像、ハード・パーク、及び結像フィーチャの測定/検査など、他の手順を経ることになる。この手順の配列は、デバイス、たとえば I C の個々の層をパターニングするための基本として用いられる。次いで、そのようなパターニングされた層は、エッチング、イオン注入 (ドーピング)、メタライゼーション、酸化、化学機械研磨などの種々のプロセスを経ることになる。これらはすべて個々の層を仕上げるために所期されたものである。複数の層が必要な場合、その手順全体又はそれを変更したものを、新しい各層に対して繰り返す必要がある。最終的にデバイスのアレイが基板 (ウェーハ) 上に現れることになる。次いでデバイスは、ダイシング又はソーアイングなどの技法により互いから分離され、次いで個々のデバイスが、ピンなどに接続した状態でキャリアに実装することができる。そのようなプロセスに関するさらなる情報は、たとえば、「Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing」、Third Edition, Peter van Zant 著、McGraw Hill Publishing Co.、1997、ISBN 0-07-067250-4 なる書籍から得ることができ、これ

は参照として本明細書に組み込まれる。

【0005】

話を簡単にする目的で、投影系はこれ以降「レンズ」と称することになるが、この用語は、たとえば屈折光学機器、反射光学機器、カタディオプトリック系 (catadioptric system) を含む各種タイプの投影系を広く包含するものと解釈されるべきである。放射線系は、投影放射線ビームを指向、形成、又は制御するこれらの設計タイプのいずれかにより動作する構成要素も含むことになる。このような構成要素も以下、集合的に又は単一的に「レンズ」と称することになる。さらに、リソグラフィ装置は、2個以上の基板テーブル（及び／又は2個以上のマスク・テーブル）有するタイプのものでもよい。このような、「複数ステージ (multiple stage)」装置では、追加のテーブルが並行して使用可能であり、又は、1個又は複数のテーブル上で準備的なステップの実行が、他の1個又は複数のテーブルを露光に使用した状態で可能である。デュアル・ステージのリソグラフィ装置は、たとえばUS5969441及びWO98/40791に記載されており、これは本明細書に参照として組み込まれる。

10

【0006】

リソグラフィ業界では、いっそ複雑な集積回路を製造するためにシリコン上のフィーチャ・サイズを縮小するよう絶えず試みている。フィーチャ・サイズは回折効果により制限される。すなわち、波長λを用いる特定の開口数NAの系の分解能は、

【0007】

【数1】

20

$$W = k \frac{\lambda}{NA}$$

で与えられ、kは係数 (pre-factor) である。開口数NAは $n \cdot \sin \theta$ と等しく、ただし、nは透過物質の屈折率である。

【0008】

したがって、分解能を縮小するためには、波長を小さくしても、開口数を上げてもよい。比較的屈折率が高い液体、たとえば水に基板を浸し、投影系の最終段要素と基板との間の空間を充填するようにすることが提案されている。この場合の特徴はより小さなフィーチャを結像できることにあるが、それは、露光放射線の波長が液体中で短くなるからである。（液体の効果を、系の有効開口数NAを上げたこととみなしてもよい。）

30

【0009】

しかし、基板、又は基板及び基板テーブルを液体の槽に浸す（たとえばUS4509852を参照されたい。これは全体が参照として本明細書に組み込まれる）と言うことは、スキャン露光中に加速する必要がある多量の液体があるということを意味する。このことにより、モータの追加又はより強力なモータが必要となり、また液体中の乱流が望ましくない不測の結果を招く可能性がある。

【0010】

提案された解決法の1つは、液体供給システムで投影系の最終段要素と基板との間の局部領域に液体を供給することである（基板は概ね投影系の最終段要素より大きな表面積を有している）。これを用意するために提案されている1つの方法は、WO99/49504で開示されており、これは全体が参照として本明細書に組み込まれる。図4及び図5に示すように液体は、少なくとも1つの入口INを介して、好ましくは最終段要素に対する基板の移動方向に沿って基板上に供給され、投影系の下方を通過した後少なくとも1つの出口OUTを介して除去される。すなわち、基板が-X方向に最終段要素の下方でスキャンされると、液体が最終段要素の+X側で供給され-X側で抜き取られる。図4で概略的に示す構成では、液体が入口INを介して供給され、最終段要素の他方の側から、低圧源に接続された出口OUTを介して引き抜かれる。図4の例示では、液体は最終段要素に対する基板の移動方向に沿って供給されるが、これは必ずしも必須ではない。最終段要素の

40

50

周りに様々な方向で様々な個数の入口及び出口を配置することが可能であるが、図5に例示した一例では、入口とその両側の出口からなる4個の組が、液体の保液部（r e s e r v o i r）を形成する最終段要素周辺の規則パターンに設けられている。

【0011】

しかし、イマージョン・リソグラフィ（i m m e r s i o n l i t h o g r a p h y）は発展途上の技術であり、実際の適用に際しては多くの問題が残っている。本特許出願は特に、基板のアライメント及び平準化に関する。従来技術では、アライメント及び平準化は、基板が投影系の視野内（すなわち、露光ステーション）にある状態で行われている。しかし、浸漬用液体の保液部内及びその周辺では、アライメント装置又は平準度測定装置が利用できる空間はそれほどなく、そのため、実際の適用は複雑になりがちであり、又は精度を損なう可能性がある。さらに、アライメント及び平準度測定装置の近傍に液体が存在することにより、この装置の性能が低下する可能性がある。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明の1つの目的は、イマージョン・リソグラフィ装置内で基板を正確にアライメントし、かつ／又は正確に平準化する方法及び装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

この目的及び他の目的は、本発明に従って、冒頭の段落で特定されたリソグラフィ装置で実現され、この装置は、前記液体供給系の前記液体を介さずに前記基板上の点の位置を測定するように測定系が構成されることを特徴とする。したがって、基板上の点の位置は、浸漬系の外部で液体が存在しない状態で測定される。別法として、基板の目標箇所を液体中に沈めながら測定を行ってもよい、すなわち、液体ではあっても、投影系の最終段要素と基板との間の空間を充填する該液体供給系から供給される液体とは同じでないものを介して測定を行ってもよい。したがって、基板上の点の位置は、液体が測定系と基板との間にある状態で測定され、次いでこの液体を除去した後、基板（及び基板テーブル）を投影系の焦点に移動し、ここで露光の実行に先立って、液体供給系から液体を供給して投影系の最終段要素と基板との間の空間を充填する。第2の液体供給系を測定系の近傍に配置してよい。

20

【0014】

本発明の1つの利点は、液体保液部で流れが良くなるということであり、それは、測定系が投影系近傍の該保液部内又はその周りに存在せず、測定系の性能が液体の存在によって低下することがないということによる。さらに、液体保液部で流れが円滑である状態が好ましいが、これは粗い縁部を招くような装置内の変化がなくなるからである。この方法を用いて、イマージョン・リソグラフィ用に特別に構成されていない測定系を複雑な改造を施すことなく使用できる。この測定系のさらなる利点は、イマージョン・リソグラフィ分野以外で使用されている測定システムに対する任意の改良を容易にかつ機械的に浸漬システムに組み込むことが可能であるということである。

30

【0015】

上記測定系は、好ましくは、前記基板上の複数のアライメント・マークの（x、y、Rz方向の）位置を測定するアライメント系を備えている。本発明の一実施例によると、前記基板テーブルは基準部を有し、前記測定系は、前記供給系の前記液体を介さずに前記基準部の位置を測定する。好ましくは、アライメント・マークの位置を前記基板テーブル上の前記基準に対して測定し、基準部に対するアライメント・マークのマップを形成できるようにするべきである。

40

【0016】

本発明の一実施例によると、測定系は前記基板上の点の高さ及び／又は傾きを測定する（すなわちz、Rx、Ry方向の測定を行う）平準度センサを備えている。したがって、基板の平準度測定は、従来は露光ステーションで「オンザフライ（o n - t h e - f l y

50

)」で行われていたが、液体保液部の外側で行うことが可能になる。

【0017】

リソグラフィ投影装置は、前記基板を露光できる露光ステーション及び別の測定ステーションを有しており、前記測定系は前記測定ステーションに設けられ、前記基板テーブルは前記露光ステーションと前記測定ステーションの間で可動であってもよい。さらに、複数の基板テーブルを有し、各基板テーブルが露光ステーションと測定ステーションの間で可動であってもよい。1つの基板テーブルがマッピングされている間に、第2の基板テーブルを露光できる。したがって、基板のスループットが高まり、装置はより効率的になり、保有コスト (the cost of ownership) が改善される。

【0018】

10

本発明の一実施例によると、前記基準部は透過イメージ・センサである。

【0019】

好みしくは、前記アライメント系は、2つの線形直角方向の変位、及びその2つの直角方向が定義する平面内での回転量を測定する。

【0020】

本発明の別の態様によると、デバイス製造方法が提供され、この方法は

少なくとも部分的に感放射線材料の層で覆われた基板を、基準マークを有する基板テーブル上で準備するステップと、

測定系から投影された測定ビームを用いて前記基板上の点の位置を測定するステップと、

放射系を用いて投影放射線ビームを供給するステップと、

液体を供給して基板と前記投影ステップで用いた投影系の最終段要素との間の空間を充填するステップと、

パターニング手段を使用して、投影ビームにその断面においてパターンを与えるステップと、

感放射線材料の層の目標部分上にパターニングされた放射線ビームを投影するステップとを含み、

前記測定ビームは前記液体を経由して投影されないことを特徴とする。

【0021】

30

本明細書では、具体的な参考例の提示を、本発明に従ってICの製造に上記装置を使用する場合について行うが、そのような装置は他の多くの用途があることを明白に理解するべきである。たとえば、該装置を、集積光学システム、磁気領域メモリの案内／検出パターン、液晶表示パネル、薄膜磁気ヘッド等の製造に使用できる。当業者は理解されようが、このような代替用途の文脈では、用語「レチクル」、「ウェーハ」、「ダイ」はより包括的な用語である「マスク」、「基板」、「目標 (target) 部分」にそれぞれ置き換えられるべきである。

【0022】

本明細書で用語「放射線」及び「ビーム」は、紫外放射線（たとえば波長が365、248、193、157又は126nmのもの）を含むすべての種類の電磁放射線を包含するものとして使用される。

40

【実施例】

【0023】

本発明の実施例を、添付の概略図面を参照して単に例示の目的で以下に説明する。

【0024】

図中、対応する参照符号は対応する部品を示している。

【0025】

図1は、本発明の特定の実施例によるリソグラフィ投影装置を概略的に示す。この装置は、以下のものを具備している。

放射線投影ビームPB（たとえばUV放射線）を供給する放射系Ex、IL（この特定

50

の例では、これはさらに放射線源 L A を備えている)、

マスク M A (たとえばレチクル) を保持するマスク・ホルダを備え、物品 P L に対して正確にマスクを位置決めする第 1 位置決め手段に接続された第 1 物体テーブル (マスク・テーブル) M T 、

基板 W (たとえばレジスト被覆されたシリコン・ウェーハ) を保持する基板ホルダを備え、物品 P L に対して正確に基板を位置決めする第 2 位置決め手段に接続された第 2 物体テーブル (基板テーブル) W T 、並びに、

基板 W の目標 (target) 部分 C (たとえば 1 つ又は複数のダイを含む) に対してマスク M A の被放射部分を結像するための投影系 (「レンズ」) P L (たとえば回折レンズ系)。

ここで示したように、該装置は (たとえば透過マスクを有する) 透過型のものである。ただし、一般には、該装置はたとえば、(たとえば反射マスクを備えた) 反射型のものでもよい。あるいは、該装置は、先に示したプログラム可能ミラー・アレイなど、他の種類のパターニング手段を使用してもよい。

10

【0026】

放射線源 L A (たとえばレーザ生成又は放電プラズマ源) は放射線ビームを生成する。このビームは照射系 (照射装置) I L に供給されるが、これは、直接行ってもよく、あるいは、たとえばビーム拡大器 E x などの通過式調節手段を通過した後に行ってもよい。照射装置 I L は、ビームの強度分布の外部及び/又は内部の半径範囲 (それぞれ通常 outer 及び inner と称する) を設定する調節手段 A M を備えていてもよい。さらに、照射装置 I L は通常、インテグレータ (integrator) I N 及び集光装置 C O など他の様々な構成部品を有することになる。このようにして、マスク M A に入射したビーム P B は、その断面で所望の均一性及び強度分布を有する。

20

【0027】

図 1 について留意していただきたいが、放射線源 L A は (たとえば水銀ランプである場合にしばしばそうであるように) リソグラフィ投影装置の筐体内に在ってもよいが、放射線源 L A がリソグラフィ投影装置から離れており、かつ生成された放射線ビームが (たとえば適切な指向ミラーを用いて) 該装置内に導かれるようにしててもよい。後者の事例は、放射線源 L A がエキシマ・レーザである場合に多い。本発明とその特許請求範囲はそれら事例の双方を包含するものである。

30

【0028】

ビーム P B は、その後、マスク・テーブル M T 上に保持されたマスク M A に交差する。ビーム P B は、マスク M A を通過してから、投影系 P L を通過し、これによりビーム P B が基板 W の目標部分 C 上に集束する。第 2 位置決め手段 (及び干渉計測定手段 I F) を用いて、基板テーブル W T を、たとえば種々の目標部分 C をビーム P B の経路中に位置決めするように正確に移動できる。同様に、第 1 位置決め手段を用いて、たとえばマスク・ライブライからマスク M A を機械的に取り込んだ後で、又はスキャン中に、ビーム P B の経路に対してマスク M A を正確に位置決めできる。一般には、物体テーブル M T 、W T の移動は、長ストロークのモジュール (粗い位置決め) と短ストロークのモジュール (微細な位置決め) とを用いて行われるが、これらは図 1 には明示していない。ただし、ウェーハ・ステッパーの場合 (ステップ・アンド・スキャン装置と反対に) マスク・テーブル M T を、単に短ストロークのアクチュエータに接続するだけでもよく、又は X Y 平面に固定してもよい。

40

【0029】

ここで説明する装置は以下の 2 つの異なるモードで使用できる。

1. ステップ・モードでは、マスク・テーブル M T は基本的に静止状態に維持され、マスク・イメージ全体は 1 回の行程 (one go) (すなわち 1 回のフラッシュ) で目標部分 C 上に投影される。次いで、基板テーブル W T は x 及び/又は y 方向にシフトして、ビーム P B が別の目標部分 C を照射できるようにされる。

2. スキャン・モードでは、基本的に同様の手順が適用されるが、所与の目標部分 C が 1

50

回の「フラッシュ」で露光されない点が異なる。その代わりに、マスク・テーブル M T は所与の方向（いわゆる「スキャン方向」、たとえば y 方向）に速度 v で移動可能であり、その結果投影ビーム P B がマスク・イメージ上をスキャンするようになる。これと共に、基板テーブル W T は同一方向又は反対方向に速度 $V = M v$ で同時に移動し、ただし、M は投影系 P L の倍率（通常は $M = 1/4$ 又は $1/5$ ）である。このようにして、分解能を犠牲にする必要がない状況で比較的広い目標部分 C が露光可能になる。

【0030】

図 2 では、基板テーブル W T は測定ステーションに在り、ここでアライメント及び／又は平準度測定が行われる。基板テーブルは基準部 F 1（基準点： f i d u c i a l と呼ばれることがある）が設けられ、これは、標準アライメント・マークに対応するパターンでエッ칭ングにより貫通させたプレートを具備することができる。基準部 F 1 の下方には、透過イメージ・センサとしても知られる放射線センサが在り、放射線に反応する。測定ステーションでは、基板テーブル W T を移動して、測定系 30 内でアライメント系を用いて基準部 F 1 を検出し、次いで基板 W 上のアライメント・マークを検出するようにし、それによって、見出すべき基板アライメント・マークの（x、y、R z 方向の）位置を突き止めることができる。一実施例では、アライメント・マークの位置は基準部に対して測定され、決定される。

【0031】

次いで、基板の平準度測定を測定ステーションで行う。基板の平準度を測定するために、基板 W で反射される前に第 1 の格子を通過する（測定系 30 から発射された）平準化ビームを使用できる。次いで第 2 の格子が、基板 W で反射した後の平準化ビームの経路に配置されている。第 1 及び第 2 格子のイメージが一致する範囲が平準度測定センサにより測定され、基板 W の高さ及び／又は傾きにより決定される（したがって z、R x、R y 座標も決定される）。基板の平準度測定についてのさらなる説明は、欧州特許出願 E P 0 2 2 5 7 2 5 1 を参照されたい。したがって、基板のアライメント及び基板の平準度測定から得られたデータを利用して、基板のマップを作成できる。

【0032】

次いで、図 3 に示すように、基板 W T は別の露光ステーションに移動する。ここでは液体供給手段 18 が設けられており、投影系 P L と基板テーブル W T との間の空間に液体（たとえば水）を供給して液体保液部 10 を形成するようになっている。この例では、保液部 10 は投影系 P L のイメージ領域の周辺で基板に対して無接触の（c o n t a c t l e s s）封止状態を形成し、その結果、液体が閉じ込められて、基板表面と投影系 P L の最終段要素との間の空間を充填するようになっている。封止部材 12 が、投影系 P L の最終段要素の下方でこれを取り囲むように配置されており、保液部 10 と境界をなし、かつ液体供給手段 18 を備えている。封止部材 12 は、投影系の最終段要素の上方にいくらか延在しており、投影系の段部（s t e p）又は投影系の最終段要素に対して上方で緊密に共形する、たとえば円形の内周縁部を有している。底部では、該内周縁部はイメージ領域の形状に緊密に共形する。この形状はたとえば長方形であるが、必ずしもそうでなくてよい。液体が、投影系の下方かつ封止部材 12 の内部の空間に取り込まれ、液体の高さが投影系 P L の最終段要素の上方まで上昇し、その結果、液体からなる緩衝部（b u f f e r）が形成される。

【0033】

封止ガス（g a s s e a l）16 が封止部材 12 の底部と基板 W の表面との間に形成されており、保液部の液体を閉じ込めている。この封止ガスは、たとえば空気や合成空気などのガスで形成されるが、好ましくは N₂ や他の不活性ガスで形成されるものであり、圧力下で入口 15 を介して封止部材 12 と基板との間の隙間に供給され、出口 14 を介して引き抜かれる。ガス入口 15 の過圧力、第 1 の出口 14 の真空度、及び隙間の幾何形状は、液体を閉じ込めるような内向きの高速空気流が生じるように構成される。

【0034】

一実施例では、図 4 及び図 5 に示したような入口（複数可） I N 及び出口（複数可） O

10

20

30

40

50

UTによって測定する液体保液部も同様に適用できる。このような場合、測定ステーションを、露光ステーションと同様に入口（複数可）IN及び出口（複数可）OUTを具備して設けることが可能である。

【0035】

露光ステーションでの基板テーブルWTの正確な位置を確認するために、マスクMA上のアライメント・マークの空中イメージ（aerial image）を通して3方向に基準部F1をスキャンする。基準部が最良焦点（the plane of best focus）内でマスク上のアライメント・マークのイメージとアライメントされたときに、最大信号が返される。したがって、測定ステーションで生成された基板Wのマップを利用して、基板W上の箇所の位置、高さ、及び／又は傾きが得られる。基板テーブルWTの移動を追跡するために、基板テーブルWTの1つ又は複数の側に向かって投影された干渉計ビームなど適切な位置測定装置を使用してよい。基板テーブル上の特定の点を投影系PLの焦点に配置し、基板Wの目標部分Cの露光を行うことが可能である。

10

【0036】

基板Wに対する露光が終了すると、該基板は次の工程に向けて取り外され、新しい基板が基板テーブルWT上に配置される。新しい基板を配置した基板テーブルは測定ステーションに返され、処理を繰り返すことができる。

【0037】

基板テーブルWTが露光ステーションを離れる前の、液体保液部の除去は、たとえば、図2、3に示した事例では、ガス入口の圧力を減じて、液体を真空系により吸い込ませることによって行うことが可能であり、あるいは、図4、5に示した事例では、入口INを介して基板上に液体を流し込むことを停止して、液体を出口OUTにより吸い込ませることによって行うことが可能である。

20

【0038】

基板テーブルWTの正確な位置を確認するために、上述した透過イメージ・センサの位置の感知を液体を介して行ってもよく、あるいは別法として、液体を介さずに行って補正を加えてよい。

【0039】

本発明の一実施例によると、少なくとも2つの基板テーブルを設け、それぞれ基準部を備えており、一方の基板テーブルが測定ステーションに在る間に、他方が露光ステーションに在る。これらの基板テーブルは露光ステーションと測定ステーションとの間で移動できる。

30

【0040】

基板をアライメントするのに基準マークF1と投影系を用いる代わりに、オフアクシス（off-axis）の測定法が使用できる。基準マークF1は投影系PL近傍の他の系を用いてアライメントできる。別法として、別の基準部及び別の系、たとえば投影系の投影軸に対して直角な軸を有するものを使用してもよい。このようなオフアクシス測定法に関するさらなる説明はEP-A-0906590で見ることができる。

【0041】

別法として、基板テーブルが投影系の上方にある（すなわち投影系が図1と比べて上下が逆になっている）場合、液体保液部10の液体は完全に取り除く必要はなく、必要に応じて単に再充填することが可能であろう。

40

【0042】

別の実施例による検出法では、別個の測定ステーションは設けられない。アライメント・マークの検出及び測定は露光ステーションで行うが、保液部10の液体は用いない。次いで、液体保液部10が充填されて、露光が行われる。同様に平準度測定を、保液部10の液体を用いずに露光ステーションで行うことができる。これらの測定は、オフアクシス（off-axis）でもオンアクシス（on-axis）でもよい。

【0043】

本発明の具体的な実施例をこれまで説明したが、上記に説明した方式と別的方式でも本

50

発明を実施できることは理解されよう。上記の説明は、本発明を限定することを意図したものではない。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】本発明の一実施例によるリソグラフィ投影装置を示す図である。

【図2】本発明の一実施例によるリソグラフィ投影装置のある細部を示す図である。

【図3】本発明の一実施例によるリソグラフィ投影装置の図2と同一の細部であって、露光工程中の異なる段階における状態を示す図である。

【図4】本発明の一実施例による別の液体供給系を示す図である。

【図5】本発明の一実施例による、図4の液体供給系を別の視点から見た図である。

10

【符号の説明】

【0045】

10 保液部

12 封止部材

14 出口

15 入口

16 封止ガス

18 液体供給手段

30 測定系

A M 調節手段

20

C 目標部分

C O 集光装置

E x 放射系（ビーム拡大器）

F 1 基準部

I F 干渉計測定手段

I L 照射系（照射装置）

I N インテグレータ

I N 入口

L A 放射線源

M A マスク

30

M T マスクテーブル

O U T 出口

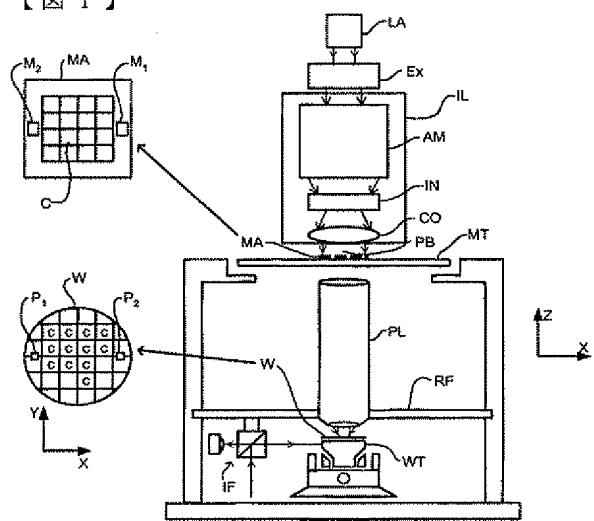
P B ビーム

P L 投影系

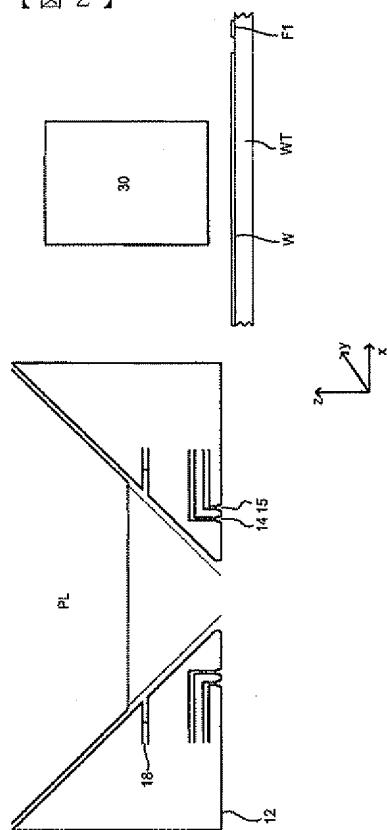
W 基板

W T 基板テーブル

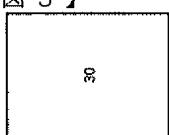
【図 1】



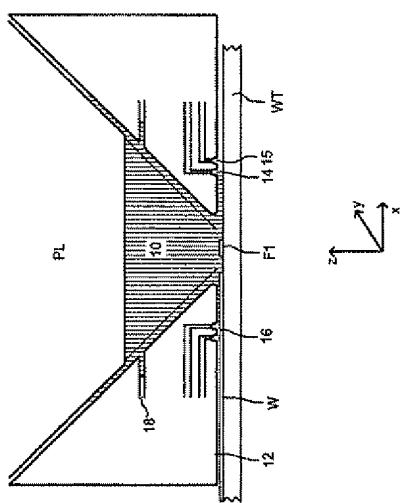
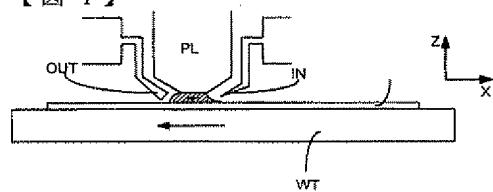
【図 2】



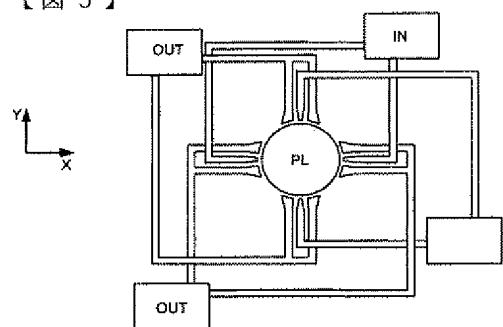
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 ヨエリ ロフ
オランダ国 エイントホーフェン、グラーフ アドルフストラート 6

(72)発明者 ヨアネス テオドール デ スミット
オランダ国 エイントホーフェン、トンゲルレセストラート 317エイ

(72)発明者 ロエロフ アエイコ シープランド リトセマ
オランダ国 エイントホーフェン、クリスティナストラート 116

(72)発明者 クラウス シモン
オランダ国 エイントホーフェン、オルデンガールデ 11

(72)発明者 テオドルス マリヌス モデルマン
オランダ国 ヌーネン、オーデ ケルクディユク 58

(72)発明者 ヨハンネス カタリヌス フベルトウス ムルケンス
オランダ国 マーストリヒト、トンゲルセストラート 68

(72)発明者 ヘンドリクス ヨハンネス マリア メイイエール
オランダ国 フェルトホーフェン、ゲルグレテル 20

(72)発明者 エリク ローロフ ロープストラ
オランダ国 ヘーゼ、ホディバルデュスラーン 15

F ターム(参考) 5F046 BA04 DA07 ED02 FA10 FA17 FA20

(19) Japan Patent Office (JP)

(11) Japanese Unexamined Patent Application Publication Number

(12) Japanese Unexamined Patent Application Publication (A)

P2004-165666A

(43) Publication date: June 10, 2004

(51) Int. Cl. ⁷ H 01 L 21/027 G 03 F 7/20	FI H 01 L 21/30 525R G 03 F 7-20 521 H 01 L 21/30 516F H 01 L 21/30 514C	F- term(Reference) Request for examination: Requested	Technical indication location 5F046 SF046 BA04 DA07 ED02 FA10 FA17 FA20 No. of claims: 11 OL (Total of 13 pages)
(21) Application No. 381339	Patent application no. P2003- 381339	(71) Applicant 502010332 ASML Netherlands B.V. De Run 1110, 5503LA, Veldhoven, Netherlands	
(22) Date of Application November 11, 2003		(72) Inventor Lof Joeri 6, Graaf Adolfstraat, Eindhoven, Netherlands	
		(72) Inventor De Smit Joannes Theodor 317A, Tongelreestraat, Eindhoven, Netherlands	
		(72) Inventor Ritsema Roelof Aeilko Siebrand 116, Christinastraat, Eindhoven, Netherlands	
		(72) Inventor Simon Klaus 11, Oldengaarden, Eindhoven, Netherlands	
		(72) Inventor Modderman Theodorus Marinus 58, Oude Kerkdijk, Nuenen, Netherlands	
		(72) Inventor Mulkens Johannes Catharius Hubertus 68, Tongersestraat, Maastricht, Netherlands	
		(72) Inventor Meijer Hendricus Johannes Maria 20, Geelgieter, Veldhoven, Netherlands,	
		(72) Inventor Loopstra Erik Roelof 15, Hodibalduslaan, Heeze, Netherlands	
(31) Priority No.: 02257822.3		(74) Agent 100066692 Kiyoshi ASAMURA, patent attorney	
(32) Priority Date: November 12, 2002		(74) Agent 100072040 Hajime ASAMURA, patent attorney	
(33) Priority Country European Patent Office		(74) Agent 100080263 Yukio IWAMOTO, patent attorney	
(31) Priority No.: 03253692.2		(74) Agent 100087217 Yutaka YOSHIDA, patent attorney	
(32) Priority Date: June 11, 2003			
(33) Priority Country European Patent Office			

(54) Title of the invention: Lithographic apparatus and device manufacturing method(57) Abstract

Purpose: To provide a method and apparatus for accurately aligning and/or leveling a substrate in an immersion lithography apparatus.

Configuration: A map of the surface of a substrate is generated at a measurement station. The substrate is then moved to where a space between a projection lens and the substrate is filled with a liquid. The substrate is then aligned using, for example, a transmission image sensor and, using the previous mapping, the substrate can be accurately exposed. Thus the mapping does not take place in a liquid environment.

Scope of Patent Claims

Claim 1

A lithographic projection apparatus comprising:
a radiation system for providing a projection beam of radiation;
a support structure for supporting patterning means serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
a substrate table for holding a substrate;
a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate;
a liquid supply system for filling a space between the final element of the projection system and the substrate with a liquid; and
a measurement system for measuring locations of points on the substrate;
wherein the measurement system is arranged so as to measure the locations of points on the substrate not through the liquid of the liquid supply system.

Claim 2

The lithographic projection apparatus according to claim 1, wherein the measurement system comprises an alignment system for measuring the locations of a plurality of alignment marks on the substrate.

Claim 3

The lithographic projection apparatus according to claim 1 or 2, wherein the substrate table has a reference portion and the measurement system measures the location of the reference portion not through the liquid of the liquid supply system.

Claim 4

The lithographic projection apparatus according to claim 3, wherein the measurement system measures and determines the locations of a plurality of the alignment marks on the substrate relative to the reference on the substrate table.

Claim 5

The lithographic projection apparatus according to any one of claims 1 to 4, wherein the measurement system comprises a leveling sensor for measuring the heights and/or tilts of points on the substrate.

Claim 6

The lithographic projection apparatus according to any one of claims 1 to 5 having an exposure station at which the substrate may be exposed and a separate

measurement station, the measurement system being provided at the measurement station and the substrate table being movable between the exposure and measurement stations.

Claim 7

The lithographic projection apparatus according to claim 6, wherein there are a plurality of substrate tables, each movable between an exposure station and a measurement station.

Claim 8

The lithographic projection apparatus according to any one of claims 1 to 7, wherein the reference portion is a transmission image sensor.

Claim 9

A method of manufacturing a device comprising the steps of:
providing a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material on a substrate table having a reference mark;
measuring the locations of points on the substrate using a measurement beam projected from a measurement system;
providing a projection beam of radiation using a radiation system;
providing a liquid to fill a space between the substrate and the final element of a projection system used in the projecting;
using patterning means to endow the projection beam with a pattern in its cross-section; and
projecting the patterned beam of radiation onto a target portion of the layer of radiation-sensitive material,
wherein the measurement beam is not projected through the liquid.

Claim 10

The method of manufacturing a device according to claim 9, wherein measuring the locations comprises measuring the locations of alignment marks on the substrate.

Claim 11

The method of manufacturing a device according to claim 9 or 10, wherein measuring the locations comprises measuring the heights and/or tilts of points on the substrate.

Detailed Description of the Invention

Industrial Field of Utilization

[0001]

The present invention relates to a lithographic projection apparatus comprising:

- a radiation system for providing a projection beam of radiation;
- a support structure for supporting patterning means serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
- a substrate table for holding a substrate;
- a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate;
- a liquid supply system for filling a space between the final element of the projection system and the substrate with a liquid; and
- a measurement system for measuring locations of points on the substrate.

Prior Art

[0002]

The term "patterning means" as here employed should be broadly interpreted as referring to means that can be used to endow an incoming radiation beam with a patterned cross-section, corresponding to a pattern that is to be created in a target portion of the substrate; the term "light valve" can also be used in this context. Generally, the pattern will correspond to a particular functional layer in a device being generated in the target portion, such as an integrated circuit or other device (see below). Examples of such patterning means include:

A mask. The concept of a mask is well known in lithography, and it includes mask types such as binary alternating phase-shift, and attenuated phase-shift, as well as various hybrid mask types. Placement of such a mask in the radiation beam causes selective transmission (in the case of a transmissive mask) or reflection (in the case of a reflective mask) of the radiation incident on the mask, according to the pattern on the mask. In the case of a mask, the support structure will generally be a mask table, which ensures that the mask can be held at a desired position in the incoming radiation beam, and that it can be moved relative to the beam as necessary.

A programmable mirror array. One example of such a device is a matrix-addressable surface having a viscoelastic control layer and a reflective surface. The basic principle behind such an apparatus is that (for example) addressed areas of the reflective surface reflect incident light as diffracted light, whereas unaddressed areas reflect incident light as undiffracted light. Using an appropriate filter, the undiffracted light can be filtered out of the reflected beam, leaving only the diffracted light behind; in this manner, the beam becomes patterned according to the addressing pattern of the

matrix-addressable surface. An alternative embodiment of a programmable mirror array employs a matrix arrangement of tiny mirrors, each of which can be individually tilted about an axis by applying a suitable localized electric field, or by employing piezoelectric actuation means. Once again, the mirrors are matrix-addressable, such that addressed mirrors will reflect an incoming radiation beam in a different direction to unaddressed mirrors; in this manner, the reflected beam is patterned according to the addressing pattern of the matrix-addressable mirrors. The required matrix addressing can be performed using suitable electronic means. In both of the situations described above, patterning means can include one or more programmable mirror arrays. More information on mirror arrays as here referred to can be gleaned, for example, from United States Patents US 5,296,891 and US 5,523,193, and PCT patent applications WO 98/38597 and WO 98/33096, which are incorporated herein by reference. In the case of a programmable mirror array, the support structure may be embodied as a frame or table, for example, which may be fixed or movable as required.

A programmable LCD array. An example of such a structure is given in United States Patent US 5,229,872, which is incorporated herein by reference. As above, the support structure in this case may be embodied as a frame or table, for example, which may be fixed or movable as required.

For purposes of simplicity, the rest of this text may, under certain settings, specifically direct itself to examples involving a mask and mask table; however, the general principles discussed in such examples should be seen in the broader context of patterning method as hereabove set forth.

[0003]

Lithographic projection apparatus can be used, for example, in the manufacture of integrated circuits (ICs). In such a case, patterning means may generate a circuit pattern corresponding to an individual layer of the IC, and this pattern can be imaged onto a target portion (for example, including one or more dies) on a substrate (silicon wafer, LCD, mask or the like) that has been coated with a layer of radiation-sensitive material (resist). In general, a single wafer will contain a whole network of adjacent target portions that are successively irradiated via the projection system, one at a time. In current apparatuses, employing patterning through a mask on a mask table, a distinction can be made between two different types of machine. In one type of lithographic projection apparatus, each target portion is irradiated by exposing the entire mask pattern onto the target portion in one go; such an apparatus is commonly referred to as a wafer stepper. In an alternative apparatus - commonly referred to as a step-and-scan apparatus - each target portion is irradiated by progressively scanning the mask under the projection beam in a given reference direction (the scanning direction) while synchronously scanning the substrate table

parallel or anti-parallel to this direction; since, in general, the projection system will have a magnification M (generally < 1), the speed V at which the substrate table is scanned will be a magnification M times that at which the mask table is scanned.

More information with regard to lithographic devices as here described can be gleaned, for example, from US 6,046,792, incorporated herein by reference.

[0004]

In a manufacturing process using a lithographic projection apparatus, a pattern (for example, in a mask) is imaged onto a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material (resist). Prior to this imaging step, the substrate may undergo various procedures, such as priming, resist coating and a soft bake. After exposure, the substrate may be subjected to other procedures, such as a post-exposure bake (PEB), development, a hard bake and measurement/inspection of the imaged features. This array of procedures is used as a basis to pattern an individual layer of a device, for example, an IC. Such a patterned layer may then undergo various processes such as etching, ion-implantation (doping), metallization, oxidation, and chemo-mechanical polishing, all intended to finish off an individual layer. If several layers are required, then the whole procedure, or a variant thereof, will have to be repeated for each new layer. Eventually, an array of devices will be present on the substrate (wafer). These devices are then separated from one another by a technique such as dicing or sawing, and the individual devices can be mounted on a carrier, connected to pins or the like. Further information regarding such processes can be obtained, for example, from the book "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing", Third Edition, by Peter van Zant, McGraw Hill Publishing Co., 1997, ISBN 0-07-067250-4, incorporated herein by reference.

[0005]

For the sake of simplicity, the projection system may hereinafter be referred to as the "lens"; however, this term should be broadly interpreted as encompassing various types of projection systems, including refractive optics, reflective optics, and catadioptric systems, for example. The radiation system may also include components operating according to any of these design types for directing, shaping or controlling the projection beam of radiation, and such components may also be referred to below, collectively or singularly, as a "lens". Further, the lithographic apparatus may be of a type having two or more substrate tables (and/or two or more mask tables). In such "multiple stage" devices the additional tables may be used in parallel, or preparatory steps may be carried out on one or more tables while one or more other tables are being used for exposures. Dual stage lithographic apparatus are described, for example, in US 5,969,441 and WO 98/40791, incorporated herein by reference.

[0006]

The lithographic industry is constantly trying to reduce feature sizes on silicon substrates in order to manufacture ever more complex integrated circuits. The feature sizes are limited by the effect of diffraction and thus the resolution of a particular system of numeral aperture NA using a wavelength λ is:

[0007]

[Expression 1]

$$W = k \frac{\lambda}{NA}$$

where k is a pre-factor. The numerical aperture NA is $n \sin\theta$; where n is the refractive index of the transmissive substance.

[0008]

Hence to decrease the resolution, the wavelength can either be reduced or the numerical aperture increased. It has been proposed to immerse the substrate in a liquid having a relatively high refractive index, for example, water, so as to fill a space between the final element of the projection system and the substrate. The point of this is to enable imaging of smaller features since the exposure radiation will have a shorter wavelength in the liquid. (The effect of the liquid may also be regarded as increasing the effective numerical aperture NA of the system).

[0009]

However, submersing the substrate or substrate and substrate table in a bath of liquid (see for example US 4,509,852, hereby incorporated in its entirety by reference) means that there is a large amount of liquid that needs to be accelerated during a scanning exposure. This requires additional or more powerful motors and turbulence in the liquid may lead to undesirable and unpredictable effects.

[0010]

One of the solutions proposed is for a liquid supply system to provide liquid in a localized area between the final element of the projection system and the substrate (the substrate generally has a larger surface area than the final element of the projection systems). One solution which has been proposed to arrange for this is disclosed in WO 99/49504, hereby incorporated in its entirety by reference. As illustrated in FIGS 4 and 5, liquid is supplied by at least one inlet IN onto the substrate, preferably along the direction of movement of the substrate, relative to the final element, and is removed via at least one outlet OUT after having passed under the projection system. That is, as the substrate is scanned beneath the final element in a -X direction, liquid is supplied at the +X side of the final element and taken up at the -X side. FIG. 4 shows the arrangement schematically in which liquid is supplied via the inlet IN and is taken up on the other side of the final element via the outlet OUT which is connected to a low pressure source. In the illustration of FIG. 4 the liquid is supplied along the direction of movement of the substrate relative to the final

element, though this does not need to be the case. Numbers of inlets and outlets positioned around the final element can be arranged in various directions. An example is illustrated in FIG. 5 in which four sets of an inlet with an outlet on either side are provided in a regular pattern around the final element to form a liquid reservoir.

[0011]

However, immersion lithography is an embryonic technology and there remain many problems in its practical application. This patent application is concerned in particular with the alignment and leveling of the substrate. Conventionally alignment and leveling is performed with the substrate in the field of view of the projection system (i.e. at an exposure station). However there is insufficient space for alignment or level measurement apparatus in and around the immersion liquid reservoir so the practical adaptation is likely to be complex or the accuracy can be compromised. Furthermore, the presence of liquid near the alignment and level measurement apparatus can degrade the performance of the apparatus.

Disclosure of the Invention

Problems to Be Solved by the Invention

[0012]

It is an object of the present invention to provide a method and apparatus for accurately aligning and/or leveling a substrate in an immersion lithography apparatus.

Means to Solve Problems

[0013]

This and other objects are achieved according to the invention in a lithographic apparatus as specified in the opening paragraph, characterized in that the measurement system is arranged so as to measure the locations of points on the substrate not through the liquid of the liquid supply system. The locations of points on the substrate are thus measured outside the immersion system and without the presence of liquid. Alternatively, the measurements could take place while the target portion of the substrate is submerged in liquid, i.e. the measurements may take place through liquid, but not the same liquid as supplied by the liquid supply system for filling the space between the final element of the projection system and the substrate. The locations of points on the substrate would therefore be measured with liquid between the measurement system and the substrate, the liquid would then be removed to move the substrate (and substrate table) to the focal point of the projection system where the liquid supply system would supply liquid to fill the space between the final element of the projection system and the substrate prior to exposure taking place. A

second liquid supply system may be present in the vicinity of the measurement system.

[0014]

An advantage of the present invention is that there is better flow in the liquid reservoir because the measurement system is no longer in or around the reservoir around the projection system and the performance of the measurement system is not degraded by the presence of liquid. Furthermore smooth flow conditions in the liquid reservoir are preferred as there is no change in the apparatus leading to rough edges. Using this method, measurement systems not specifically adapted for immersion lithography can be used without complex improvement. A further advantage of this measurement system is that any improvements to such measurement systems used outside of the immersion lithography field can easily and automatically be incorporated into the immersion system.

[0015]

The measurement system preferably includes an alignment system for measuring the locations (in the x, y and Rz directions) of a plurality of alignment marks on the substrate. According to an embodiment of the invention the substrate table has a reference portion and the measurement system measures the location of the reference portion not through the liquid of the supply system. The locations of the alignment marks should preferably be measured relative to the reference on the substrate table to enable a map of alignment marks relative to the reference portion to be built up.

[0016]

According to an embodiment of the present invention the measurement system includes a leveling sensor for measuring the heights and/or tilts (i.e. measuring in the z, Rx and Ry directions) of points on the substrate. Thus, level measurement of the substrate, which is conventionally undertaken "on-the-fly" at the exposure station, can be achieved outside the liquid reservoir.

[0017]

The lithographic projection apparatus can have an exposure station at which the substrate may be exposed and a separate measurement station, the measurement system being provided at the measurement station and the substrate table being movable between the exposure and measurement stations. Furthermore the apparatus can have a plurality of substrate tables, each movable between an exposure station and a measurement station. While one substrate table is being mapped, a second substrate table can be exposed. Substrate throughput is therefore higher, the apparatus more efficient and the cost of ownership improved.

[0018]

According to an embodiment of the invention, the reference portion is a transmission image sensor.

[0019]

The alignment system preferably measures displacement in two linear perpendicular directions and rotation within the plane defined by the two perpendicular directions.

[0020]

According to a further aspect of the invention, there is provided a method of manufacturing a device comprising the steps of:

providing a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material on a substrate table having a reference mark;

measuring the locations of points on the substrate using a measurement beam projected from a measurement system;

providing a projection beam of radiation using a radiation system;

providing a liquid to fill a space between the substrate and the final element of a projection system used in the projecting;

using patterning means to endow the projection beam with a pattern in its cross-section; and

projecting the patterned beam of radiation onto a target portion of the layer of radiation-sensitive material,

wherein the measurement beam is not projected through the liquid.

[0021]

Although specific reference may be made in this specification to the use of the apparatus according to the invention in the manufacture of ICs, it should be explicitly understood that such an apparatus has many other possible applications. For example, the apparatus may be employed in the manufacture of integrated optical systems, guidance and detection patterns for magnetic domain memories, liquid-crystal display panels, thin-film magnetic heads or the like. The skilled artisan will appreciate that, in the context of such alternative applications, any use of the terms "reticle", "wafer" or "die" in this text should be considered as being replaced by the more general terms "mask", "substrate" and "target portion", respectively.

[0022]

In this specification, the terms "radiation" and "beam" are used to encompass all types of electromagnetic radiation, including ultraviolet radiation (for example, with a wavelength of 365, 248, 193, 157 or 126 nm).

Embodiments

[0023]

Embodiments of the invention will now be described, by way of example only, with reference to the accompanying schematic drawings.

[0024]

In the drawings, corresponding reference symbols indicate corresponding parts.

[0025]

FIG. 1 schematically depicts a lithographic projection apparatus according to a particular embodiment of the invention. The apparatus comprises:

a radiation system Ex, IL, for supplying a projection beam PB of radiation (for example, UV radiation), (which in this particular case also includes a radiation source LA);

a first object table (mask table) MT provided with a mask holder for holding a mask MA (for example, a reticle), and connected to first positioning means for accurately positioning the mask with respect to item PL;

a second object table (substrate table) WT provided with a substrate holder for holding a substrate W (for example, a resist-coated silicon wafer), and connected to second positioning means for accurately positioning the substrate with respect to item PL;

a projection system ("lens") PL (for example, a refractive lens system) for imaging an irradiated portion of the mask MA onto a target portion C (for example, including one or more dies) of the substrate W.

As here depicted, the apparatus is of a transmissive type (for example, has a transmissive mask). However, in general, the apparatus may also be of a reflective type, for example (for example, with a reflective mask). Alternatively, the apparatus may employ another kind of patterning means, such as a programmable mirror array of a type as referred to above.

[0026]

The radiation source LA (for example, a laser-produced or discharge plasma source) generates a beam of radiation. This beam is fed into an illumination system (illuminator) IL, either directly or after having pass-through type adjusting means, such as a beam expander Ex, for example. The illuminator IL may include adjusting means AM for setting the outer and/or inner radial extent (commonly referred to as σ -outer and σ -inner, respectively) of the intensity distribution in the beam. In addition, the illuminator IL will generally include various other components, such as an integrator IN and a condenser CO. In this way, the incident beam PB incident on the mask MA has a desired uniformity and intensity distribution in its cross-section.

[0027]

It should be noted with regard to FIG. 1 that the radiation source LA may be within the housing of the lithographic projection apparatus (as is often the case when

the source LA is a mercury lamp, for example), but that the radiation source LA may also be remote from the lithographic projection apparatus, the radiation beam which it produces being led into the apparatus (for example, using suitable directing mirrors); this latter is often the case when the radiation source LA is an excimer laser. The present invention and Claims encompass both cases.

[0028]

The beam PB subsequently intersects the mask MA, which is held on a mask table MT. After passing the mask MA, the beam PB passes through the projection system PL, which focuses the beam PB onto a target portion C of the substrate W. By using second positioning means (and interferometric measuring means IF), the substrate table WT can be moved accurately, for example, so as to position different target portions C in the path of the beam PB. Similarly, first positioning means can be used to accurately position the mask MA with respect to the path of the beam PB, for example, after mechanical retrieval of the mask MA from a mask library, or during a scan. In general, movement of the object tables MT, WT will be realized with the aid of a long-stroke module (course positioning) and a short-stroke module (fine positioning), which are not explicitly depicted in FIG. 1. However, in the case of a wafer stepper (as opposed to a step-and-scan apparatus) the mask table MT may just be connected to a short stroke actuator, or may be fixed in the XY plane.

[0029]

The depicted apparatus can be used in two different modes:

1. In step mode, the mask table MT is kept essentially stationary, and an entire mask image is projected in one go (i.e. a single "flash") onto a target portion C. The substrate table WT is then shifted in the x and/or y directions so that a different target portion C can be irradiated by the beam PB;

2. In scan mode, essentially the same procedure applies, except that a given target portion C is not exposed in a single "flash". Instead, the mask table MT is movable in a given direction (the so-called "scan direction", for example, the y direction) with a speed v, so that the projection beam PB is caused to scan over a mask image; concurrently, the substrate table WT is simultaneously moved in the same or opposite direction at a speed $V = Mv$, in which M is the magnification of the projection system PL (typically, $M = 1/4$ or $1/5$). In this manner, a relatively large target portion C can be exposed, without having to compromise on resolution.

[0030]

In FIG. 2 the substrate table WT is at a measurement station where alignment and/or level measurement take place. The substrate table is provided with a reference portion F1 (also referred to as a fiducial), which may include a plate etched through with a pattern corresponding to a standard alignment mark underneath which is a radiation sensor, also known as a transmission image sensor, responsive to radiation.

At the measurement station, the substrate table WT is moved to detect the reference portion F1 using an alignment system within the measurement system 30 and then to detect the alignment marks on the substrate W thereby enabling the locations (in directions x, y and Rz) of the substrate alignment marks to be found. In an embodiment, the location of the alignment marks are measured and determined relative to the reference portion.

[0031]

Level measurement of the substrate then occurs at the measurement station. In order to measure the level of the substrate, a leveling beam (projected from the measurement system 30) can be used that passes a first grating prior to reflection by the substrate W. A second grating is then placed in the path of the leveling beam after reflection by the substrate W. The extent to which the images of the first and second gratings coincide is measured by a level measurement sensor and is determined by the height and/or tilt of the substrate W (the z, Rx and Ry coordinates are thus determined). For a further description of level measurement of substrates reference is made to European patent application EP 02,257,251. Hence, using data from the alignment of the substrate and the level measurement of the substrate a map of the substrate can be generated.

[0032]

As shown in FIG. 3, substrate WT is then moved to the separate exposure station where liquid supply means 18 are provided to supply liquid (for example, water) to a space between the projection system PL and the substrate table WT to form a liquid reservoir 10. In this example, the reservoir 10 forms a contactless seal to the substrate around the image area of the projection system PL so that liquid is confined to fill a space between the substrate surface and the final element of the projection system PL. A seal member 12, positioned below and surrounding the final element of the projection system PL, borders the reservoir 10 and includes liquid supply means 18. The seal member 12 extends a little above the final element of the projection system and has an inner periphery that at the upper end closely conforms to the step of the projection system or the final element thereof and may, for example, be round. At the bottom, the inner periphery closely conforms to the shape of the image area, for example, rectangular though this need not be the case. Liquid is brought into the space below the projection system and within the seal member 12 and the liquid level rises above the final element of the projection system PL so that a buffer of liquid is provided.

[0033]

A gas seal 16, formed between the bottom of the seal member 12 and the surface of the substrate W, confines the liquid in the reservoir. The gas seal is formed by gas such as air or synthetic air but preferably N₂ or another inert gas, provided

under pressure via an inlet 15 to the gap between seal member 12 and the substrate and extracted via a first outlet 14. An overpressure on the gas inlet 15, vacuum level on the first outlet 14 and geometry of the gap are arranged so that there is a high-velocity air flow inwards that confines the liquid.

[0034]

In an embodiment, the liquid reservoir defined by inlet(s) IN and outlet(s) OUT as shown in FIGS. 4 and 5 can be similarly applied. In such a case, a measurement station can be provided as well as an exposure station including inlet(s) IN and outlet(s) OUT.

[0035]

To ascertain the exact position of the substrate table WT at the exposure station the reference portion F1 is scanned in three directions through the aerial image of an alignment mark on the mask MA. The maximum signal is returned when the reference portion is aligned with the image of the alignment mark on the mask in the plane of best focus. Using the map of the substrate W generated at the measurement station the location, heights and/or tilts of portions on the substrate W are therefore obtained. In order to track the movements of the substrate table WT, suitable position measurements devices can be used such as an interferometer beam projected towards one or more sides of the substrate table WT. A particular point on the substrate table can be placed at the focal point of the projection system PL and exposure of a target portion C of the substrate W can take place.

[0036]

Once exposure of the substrate W is completed it is then removed for further processing and a new substrate is placed on substrate table WT. The substrate table with the new substrate returns to the measurement station and the process can be repeated.

[0037]

Prior to the substrate table WT leaving the exposure station, the liquid reservoir can be emptied, for example in the case shown in FIGS. 2 and 3, by reducing the gas inlet pressure and allowing the liquid to be sucked out by the vacuum system or, for example in the case shown in FIGS. 4 and 5, by discontinuing flow of liquid onto the substrate through inlet IN and allowing the liquid to be sucked out by outlet OUT.

[0038]

To ascertain the exact position of the substrate table WT the position of the transmission image sensor described above can be sensed through the liquid, or alternatively not through the liquid and a correction applied.

[0039]

According to an embodiment of the invention there are at least two substrate tables, each bearing a reference portion, and while one substrate table is at the measurement station the other is at the exposure station. The substrate tables are movable between an exposure station and a measurement station.

[0040]

Instead of using the reference mark F1 and the projection system to align the substrate, off-axis measurement can be used. The reference mark F1 can be aligned using another system near the projection system PL. Alternatively, a different reference portion and a different system, for example one with an axis perpendicular to the projection axis of the projection system can be used. Further description of such off-axis measurement can be found in EP-A-0,906,590.

[0041]

Alternatively, if the substrate table is above the projection system (i.e. the projection system is upside down compared to FIG. 1) the liquid in liquid reservoir 10 may not need to be completely removed and could just be refilled as necessary.

[0042]

In detection according to a separate embodiment there is no separate measurement station. Detection and measurement of the alignment mark takes place at the exposure station but with no liquid in reservoir 10. The liquid reservoir 10 is then filled up and exposure takes place. Similarly level measurement can take place at the exposure station with no liquid in reservoir 10. These measurements can be either off-axis or on-axis.

[0043]

Whilst specific embodiments of the invention have been described above, it will be appreciated that the invention may be implemented other than as described. The description is not intended to limit the invention.

Brief Description of the Drawings

[0044]

Fig. 1

FIG. 1 depicts a lithographic projection apparatus according to an embodiment of the invention;

Fig. 2

FIG. 2 depicts a detail of a lithographic projection apparatus according to an embodiment of the invention;

Fig. 3

FIG. 3 depicts the same details of the lithographic projection apparatus as FIG. 2 at a different stage in the exposure process according to an embodiment of the invention;

Fig. 4

FIG. 4 depicts an alternative liquid supply system according to an embodiment of the invention; and

Fig. 5

FIG. 5 is an alternative view of the liquid supply system of FIG. 4 according to an embodiment of the invention.

Description of Symbols

[0045]

10	RESERVOIR
12	SEAL MEMBER
14	OUTLET
15	INLET
16	GAS SEAL
18	LIQUID SUPPLY MEANS
30	MEASUREMENT SYSTEM
AM	ADJUSTING MEANS
C	TARGET PORTION
CO	CONDENSER
Ex	RADIATION SYSTEM (BEAM EXPANDER)
F1	REFERENCE PORTION
IF	INTERFEROMETRIC MEASURING MEANS
IL	ILLUMINATION SYSTEM (ILLUMINATOR)
IN	INTEGRATOR
IN	INLET
LA	RADIATION SOURCE
MA	MASK
MT	MASK TABLE
OUT	OUTLET
PB	BEAM
PL	PROJECTION SYSTEM
W	SUBSTRATE
WT	SUBSTRATE TABLE